

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-115601

(43)Date of publication of application : 06.05.1998

(51)Int.Cl.

G01N 29/00  
G01N 29/18  
H02G 1/06

(21)Application number : 08-270600

(71)Applicant : JAPAN ATOM ENERGY RES INST

(22)Date of filing : 14.10.1996

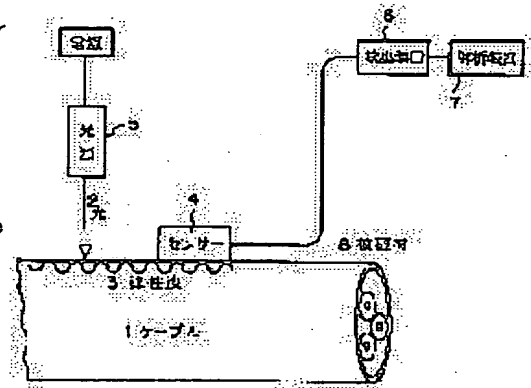
(72)Inventor : MORITA YOSUKE  
YAGI TOSHIKI  
SEGUCHI TADAO

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR ON-THE-SPOT DIAGNOSIS OF DEGRADATION OF WIRE CABLE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to diagnose the state of the degradation of a laid cable by a method wherein a sheath material on the laid cable is irradiated with light, elastic waves which are propagated in the sheath material are detected and a detected result is analyzed.

**SOLUTION:** A sheath material 8 on a cable 1 is irradiated with single or intermittent light 2 at a short cycle, its heating operation and its cooling operation are repeated locally, and elastic waves 3 are generated so as to be propagated in the sheath material 8. The elastic waves are detected by a sensor 4, their waveform is amplified and shaped by a detecting device 6, and the waveform is analyzed by an analytical device 7. Since the elastic waves 3 are changed due to the state of the degradation of the sheath material 8, the state of the sheath material is known by the state, and the degradation of the cable 1 is diagnosed. The degradation of the cable 1 is compared with the initial characteristic of the elastic waves at the sheath material 8 before its degradation, and the degradation can be diagnosed. By this method, the state of the degradation of the cable 1 can be diagnosed nondestructively, and the method is useful for the maintenance and the inspection of the cable 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

Test Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-115601

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月6日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
G 0 1 N 29/00	5 0 1	G 0 1 N 29/00	5 0 1
29/18		29/18	
H 0 2 G 1/06		H 0 2 G 1/06	Q

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-270600

(22) 出願日 平成8年(1996)10月14日

(71) 出願人 000004097

日本原子力研究所

東京都千代田区内幸町2丁目2番2号

(72) 発明者 森田 洋右

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

(72) 発明者 八木 敏明

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

(72) 発明者 瀬口 忠男

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

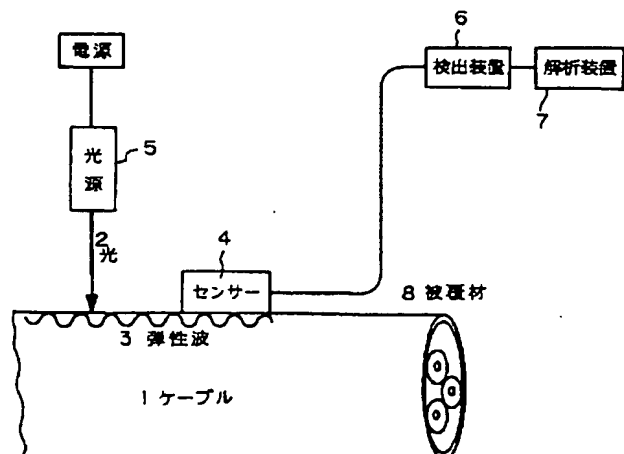
(74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

(54) 【発明の名称】 電線ケーブルのその場劣化診断方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 電線ケーブル、特に低圧ケーブルに対して有効なケーブル劣化のその場診断方法、およびこれを行うための劣化診断装置。

【解決手段】 電線ケーブルの被覆材に光を照射して、被覆材中を伝わる弾性体の振動（弾性波）をセンサーによって検知し、この検出した結果を解析することによってケーブルの劣化状態をその場で診断する方法及び装置



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電線ケーブルの被覆材に光を照射して、被覆材中を伝わる弾性体の振動（弾性波）をセンサーによって検知し、この検出した結果を解析することによってケーブルの劣化状態をその場で診断することを特徴とするケーブルの劣化診断方法。

【請求項2】 被覆材が高分子材料である請求項1記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項3】 照射光は、単発パルス光、もしくは所定の周期を持った断続光であって、その波長が紫外光、可視光、近赤外光、赤外光、遠赤外光の中の特定波長のものであるか、または幅広い波長のスペクトルをもった光であることを特徴とする請求項1記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項4】 断続光の周期や強度が、調べるケーブルの被覆材の熱伝導率や硬さに依存するものであって、センサーに弾性波として検知される周期や強度のものであることを特徴とする請求項3に記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項5】 センサーが、高分子材料の弾性波を検出できる超音波センサー、多結晶セラミックセンサーなどである請求項1記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項6】 弾性波の検出が、弾性波の材料劣化による波形（振幅、波長、波の形）の変化、弾性波の材料劣化による伝播速度の変化、弾性波の材料劣化による反射波の変化に基づくことを特徴とする請求項1記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項7】 前記検出した変化の結果を1回、または、多数回積算することを特徴とする請求項1に記載のケーブルの劣化診断方法。

【請求項8】 光源、ケーブル被覆材に単発または断続的な光を照射する照射装置、ケーブル被覆材中の弾性波を検出するセンサー、波形を増幅、整形する検出装置、および検出した測定データを積算したり、解析したりする解析装置を備えたケーブルの劣化診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電線ケーブル（以下、ケーブルという）、特に低電圧ケーブルに対して有効なケーブル劣化のその場診断方法、およびこれを行うための劣化診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ケーブルの中でも特に電力用のケーブルに対しては、絶縁破壊事故などを未然に防止するための劣化診断が行われている場合がある。ケーブルの劣化診断においては、高圧ケーブルでは電圧が高いことを利用して、漏れ電流を測定する電気的な方法を用いてケーブルの劣化状態を精度よく診断することが既に行われている。

【0003】

【本発明が解決しようとする課題】低圧ケーブルは、電圧が低いので、高圧ケーブルと同じように漏れ電流を計測することからケーブルの劣化を判断することはできない。そこで、低圧ケーブルの劣化診断方法においては、物理的方法として、例えば、表面硬度、光音響法、ねじりのトルクなど、化学的方法として、例えば、熱重量分析など、また、電気的方法として、例えば、誘電正接、電位減衰法などの多数の方法が提案されている。

【0004】しかし、このような方法は、材料を破壊する方法であったり、実際に、ケーブルの付設してある現場で使用できない方法であるなど、ケーブルのその場劣化診断として未だ方法が確立されていないのが現状である。

【0005】例えば、表面硬度法は、ケーブルに針を立てて力を加えたときの応力を劣化の尺度とする方法であり、ケーブル被覆材の劣化による硬化を基にした検出方法である。しかし、この方法は測定者の違いなどによって測定値がばらつき、劣化評価の精度が低く、また、ケーブルの劣化が進行している場合には、測定行為によってケーブル被覆材におけるクラックの発生の原因にもなる可能性がある。

【0006】また、光音響法は周期的な断続光をケーブル被覆材にあて、被覆材が光を吸収して局所的に熱せられ、この熱が被覆材から周囲の気体に伝えられることによって、気体に粗密波、すなわち、音波が生じる。これを高感度マイクロホンによって検知する方法である。しかし、この方法は材料の劣化の程度によって、材料から周囲の気体への熱の伝達速度や伝達量に違いが存在する必要がある。ところが、高分子材料ではこの違いがきわめて少ないので、光音響法で高分子材料の劣化を検出することはできない。ただし、この方法でも、劣化に関係する特定波長の光を照射して材料に吸収させた場合は材料の劣化検出が可能である。しかし、この波長は紫外光や遠赤外の一波長であり、光源が大型となり、その場測定装置とするには困難である。

【0007】更にまた、熱重量法は劣化によるケーブル被覆材の重量変化を劣化の尺度とする方法である。例えば、被覆材の一つであるポリ塩化ビニル樹脂は劣化により分子量の低下や脱塩化水素による分子構造の変化が起き、可塑剤も揮散するため、重量が減少する。この重量減少を測定して劣化を診断する。しかし、この方法はある程度の精度で劣化を診断するには、対象材料がポリ塩化ビニルに限定されること、および測定試料を得るために材料を少量削り取る必要があり、破壊的な方法であるなどの欠点がある。

【0008】そこで、本発明は、ケーブル全般、特に低圧ケーブルの好ましい、新たな劣化診断方法を提供し、また、その劣化診断方法の実施に好適に用いることのできるその場劣化診断装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らはケーブルに用いられる高分子材料の劣化を、光を照射して発生する材料中の弾性波の変化に着目し、これと材料の機械的な劣化との間に定量的な関係のあることを初めて見だし、本発明を完成させた。

【0010】即ち、本発明のケーブルの劣化診断方法および装置は、以下の特徴を有するものである。

【0011】(1) 付設ケーブルの被覆材に光を照射して、被覆材中を伝わる弾性体の振動(弾性波)をセンサーによって検知し、この検出した結果を解析することによってケーブルの劣化状態をその場で診断することを特徴とするケーブルの劣化診断方法である。

【0012】(2) 被覆材が高分子材料である上記(1)記載のケーブルの劣化診断方法である。

【0013】(3) 光の照射は単発パルス光、または所定の周期を待った断続光とし、光の波長は紫外光、可視光、近赤外光、赤外光、遠赤外光の中の特定波長の光、または、幅広い波長のスペクトルをもった光である上記(1)記載のケーブルの劣化診断方法である。ただし、断続光の周期や強度は調べるケーブルの被覆材の熱伝導率や硬さに依存する。すなわち、センサーに弾性波として検知される周期や強度とする。

【0014】(4) センサーは、高分子材料の弾性波を検出できるもので、超音波センサー、多結晶セラミックセンサーなどである上記(1)記載のケーブルの劣化診断方法である。

【0015】(5) 弾性波を検出する特徴として、弾性波の材料劣化による波形(振幅、波長、波の形)の変化、弾性波の材料劣化による伝播速度の変化、弾性波の材料劣化による反射波の変化を用いる上記(1)記載のケーブルの劣化診断方法である。

【0016】(6) 検出した特徴の変化の結果を1回、または、多数回積算する上記(1)または(5)記載のケーブルの劣化診断方法である。また、本発明のケーブルの劣化診断装置は以下の特徴を有するものである。

【0017】(7) 光源を有し、ケーブル被覆材に単発、または断続的な光を照射し得る照射装置、ケーブル被覆材中の弾性波を検出するセンサーおよび波形を増幅、整形する検出装置、並びに検出した測定データを積算したり、解析したりする解析装置を有する上記(1)～(6)までの特徴をもつケーブルのその場劣化診断装置である。

【0018】本発明でいう「ケーブル」は、電力用、配電用、通信用などの用途を問わない絶縁電線類の総称である。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の劣化診断方法の実施形態の一例を示す図である。本発明の劣化診断方法は、ケーブル1の被覆材aに単発、または断続的な光2

を照射して、被覆材中に弾性波3を生ぜしめ、この波をセンサー4で検知する。この波が被覆材の劣化の状態にともなって変化することから、被覆材の状態を知り、ケーブルの劣化の診断を行うものである。5は光源であり、断続光の場合はその周期を制御する機能を有するものである。6は波形の増幅、整形などの検出装置、7は解析装置である。

【0020】材料に吸収される直径数mmφの細い光を短い周期で断続的に材料に照射すると、光の照射された部分が局所的に熱せられたり、放熱したりするので、ここが膨張と収縮を繰り返す。これが弾性波となって材料中を横波や縦波となって伝播する。これをセンサーで検出・解析し、材料の状態を知るのが本方法の原理である。本発明ではケーブルの被覆材の劣化状態の診断にこの方法を適用する。

【0021】特に、ケーブルの被覆材が高分子材料である場合は、被覆材の劣化に伴う弾性波の特性の変化は明瞭であり、本発明の劣化診断法が最も有用となる診断の対象である。以下、ケーブルの被覆材が高分子材料からなるものを診断の対象とする場合について説明する。

【0022】本発明によるケーブルの劣化診断方法は、診断すべき被覆材の劣化の進行にしたがって被覆材の硬度や酸化度が変化したり、また、被覆材表面に微小なひび割れが発生することに着目して判定する方法である。これらの変化は光照射によって発生した被覆材表面や内部を伝わる横波や縦波の弾性波の波形(振幅、波長、波の形)、伝播速度、反射波に変化を生じる。これをセンサーによって検出し、解析してケーブルの劣化状態を診断する。

【0023】ケーブル被覆材は通常黒色であり、このことから使用される光は、紫外光、可視光、近赤外光、赤外光、遠赤外光の中の特定波長の光、または、幅広い波長のスペクトルをもった光でよい。従って、光源は、一般的なハロゲンランプのような光源や、レーザーや発光ダイオードのような特定波長の光を放出するものでよい。

【0024】光の照射は単発パルス光、または所定の周期を待った断続光とし、断続光の周期や強度は調べるケーブルの被覆材の熱伝導率や硬さに依存する。すなわち、センサーに弾性波として検出される周期や強度のものとする。

【0025】ケーブルの劣化は、劣化前の被覆材の弾性波の初期特性(初期値)と比較することなどによって診断できる。初期値の取り方は特に限定されないが、ケーブルの付設前の劣化していない状態で予め測定しておく方法や、ケーブル被覆材と同じ材料のシート状試料を作製し、それを測定するなどの方法があげられる。また、ケーブル被覆材内部の絶縁材の劣化は、予め促進劣化法を用いてケーブル被覆材と絶縁材の劣化関係を求めておけば、被覆材の劣化を知ることによって絶縁材の劣化を

知ることができる。

【0026】センサーは高分子材料の弾性波を検出できるもので、超音波センサー、多結晶セラミックセンサーなどを用いる。得られた波形は波形増幅器や波形整形器を通して解析しやすいものとする。また、波形が小さい場合には、検出した特性データを多数回積算して、特徴の変化を明瞭にして解析する。ケーブルの劣化は特に放射線や熱、光の存在下で進行する。本発明の診断方法は原子力発電所、火力発電所、屋外などで使用されるケーブルの劣化状態を非破壊で診断するのに特に有用である。

【0027】ケーブル被覆材の弾性波特性の一例を図2に示す。これはポリ塩化ビニルに単発の光を照射したときの弾性波信号を未劣化試料と劣化した試料とで比較したものである。劣化した試料の方において、はるかに大きな弾性波信号を捕らえることができる。また、劣化した試料の方が弾性波の伝播速度が早い。これは劣化によりポリ塩化ビニルが硬化したためである。

【0028】本発明のケーブルの劣化診断法の実施に好ましい装置について説明する。図3に示すように、本発明による劣化診断装置は、図3(A)のように、光を照射する光源5とセンサー（プリアンプを含む）4を一体にしたものを、これとは別の波形の増幅、整形をする検出装置6、解析装置7、および光源の電源8を一体にしたものと結んで構成される。あるいは、図3(B)のように、光源5を波形の増幅、整形をする検出装置6、解析装置7、および光源電源8と一体にし、光を光ファイバで導き、光ファイバの先端部とセンサー4を一体にして、付設してあるケーブルを測定し易いようにした構造のものがある。

【0029】また、図3(A)および(B)に示される劣化診断装置において、光源からの光をケーブルに照射し、そこで発生した弾性波の伝播速度の変化を求めるた

めに、光源5と検出装置6にトリガーを設置して光源と検出装置にシグナルを同時に付与することにより、発生した弾性波の伝播速度を正確に求めることができる。

【0030】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明を具体的に示す。

【0031】

【実施例1】この実施例では図3(A)の構成によって、低圧ケーブルの劣化診断を行った。光源として波長1064nm、出力100mJのレーザー光を用い、センサーとして多結晶セラミック系センサーを用いた。センサーの信号を増幅器を通した後、ストレージ型オシロスコープで波形を記録した。

【0032】試料としてはケーブル被覆材として通常使用されるポリ塩化ビニル樹脂を123℃、200時間の促進熱劣化したものを用いた。未劣化試料の伸びは247%、劣化試料の伸びは110%であった。各試料に単発の光を照射した後の弾性波の波形を図4に示す。また、ポリ塩化ビニルの伸びの低下と弾性波の波形の高さとの関係を図5に示す。この関係から、この被覆材の劣化を診断できることが分かる。

【0033】

【実施例2】実施例1と同じ構成で、これにトリガーを付けて光源とオシロスコープに同時に信号を与えて、弾性波の速度を測定した。試料は上記と同じポリ塩化ビニル樹脂でこれを放射線と熱で劣化させた。 $\gamma$ （ガンマ）線6kGy、温度132℃、170時間の促進劣化で伸びは70%であった。このときの弾性波の伝わる速さを表1に示す。この速さは劣化試料の方が大きく、この値から被覆材の劣化が診断できる。

【0034】

【表1】

表1. ポリ塩化ビニルの弾性波の速度

	伸 び	弾 性 波 速 度 (m/s)
初 期 ( 未 劣 化 )	247 %	1850
$\gamma$ 線, 6kGy 132℃, 170時 間	70 %	1970

【0035】

【比較例】光音響法測定装置（エス・テイ・ジャパン製、MTECモデル300型）を用いて、実施例1の劣化試料の音響波形を測定した。センサーとして高感度マ

イクロフォンを用い、測定セル中は空気とし、試料に伝わった熱が空気に伝わって音響信号となったものを捉えた。光源として実施例1と同じ光源を用いたが、出力を20mWほどとし単発光および断続光とした。試料とし

て未劣化試料と劣化試料（伸び110％）を測定したが、図6に示すように音響波形はまったく同じで変化がない。これは未劣化試料と劣化試料とで空気に伝えられる熱はほとんど同じであることを示す。従って、このような光音響法ではケーブルの劣化診断を行うことが出来ないことが分かる。

【0036】

【発明の効果】本発明による劣化診断法は、ケーブルの劣化の状態を非破壊で診断でき、ケーブルの保守・点検に有用である。本発明による劣化診断法は、全てのケーブルに対して適用可能である。2kV以下のケーブルに好適に用いられ、特に、特定の診断方法が確立していない600V以下の低圧ケーブルに有用な診断方法となる。また、原子力発電所など放射線環境下に置かれるケーブルや、高温の環境下におかれるケーブル、あるいは、火力発電所などで使用されるケーブルの劣化診断には有用となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の劣化診断の実施形態の一例を示す模式図である。

【図2】 ケーブル被覆材の弾性波信号を未劣化試料と劣化試料とで比較して示した図である。

【図3】 本発明に係わる劣化診断装置を示す図である。

【図4】 ポリ塩化ビニルの未劣化試料および劣化試料における光弾性波信号波形の違いを示す図である。

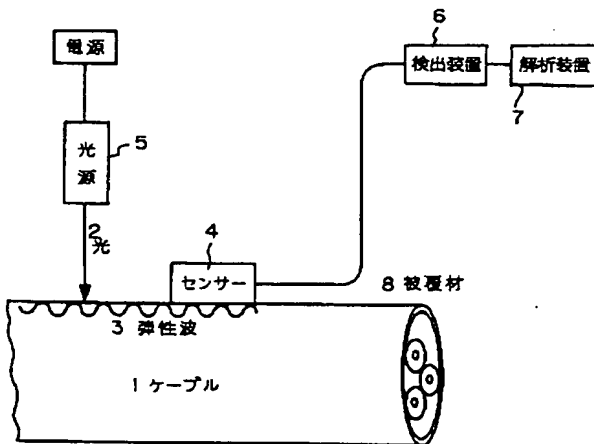
【図5】 劣化によるポリ塩化ビニルの弾性波の波高と伸びの関係を示す図である。

【図6】 ポリ塩化ビニルの未劣化試料および劣化試料における光音響法による音響波形を示す図である。

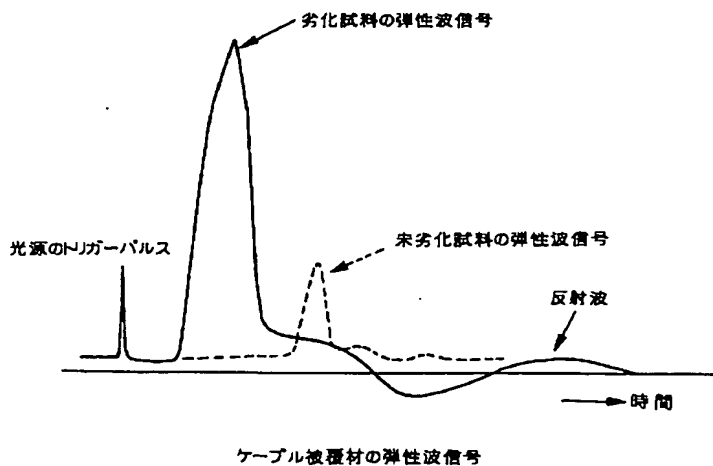
【符号の説明】

1：ケーブル、2：光、3：弾性波、4：センサー、5：光源、6：検出装置、7：解析装置、8：光源電源。

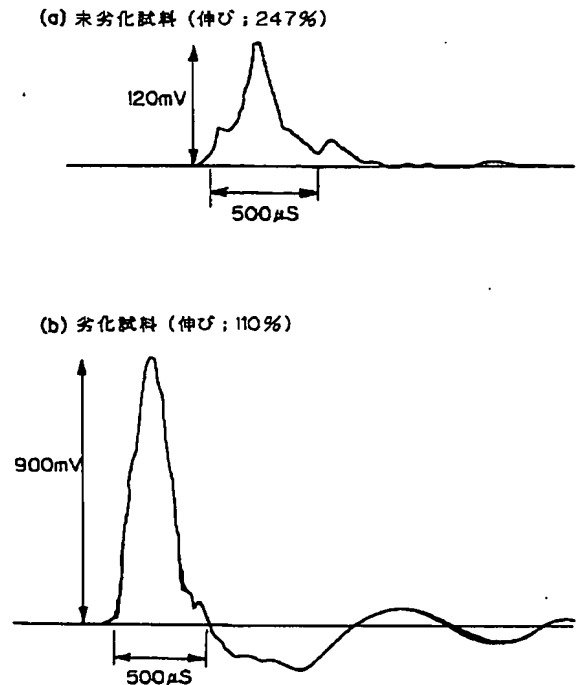
【図1】



【図2】

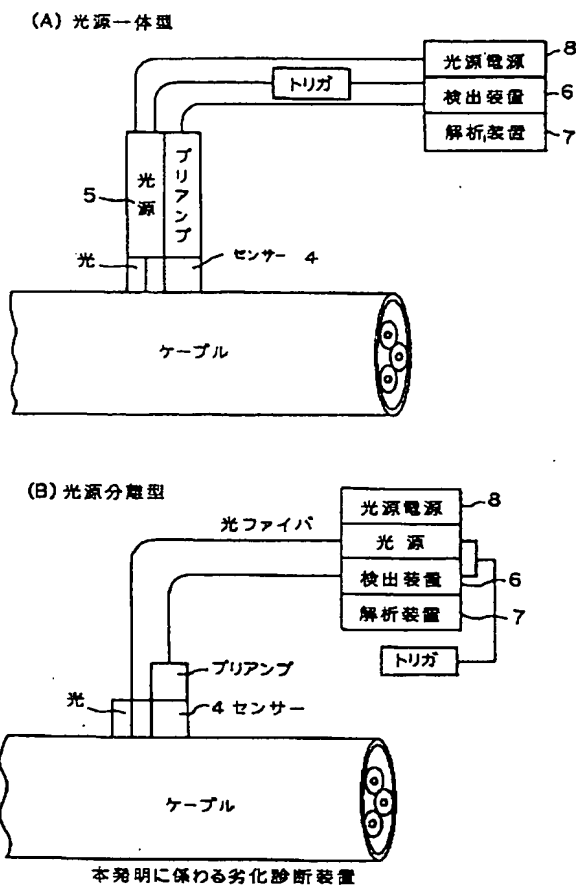


【図4】

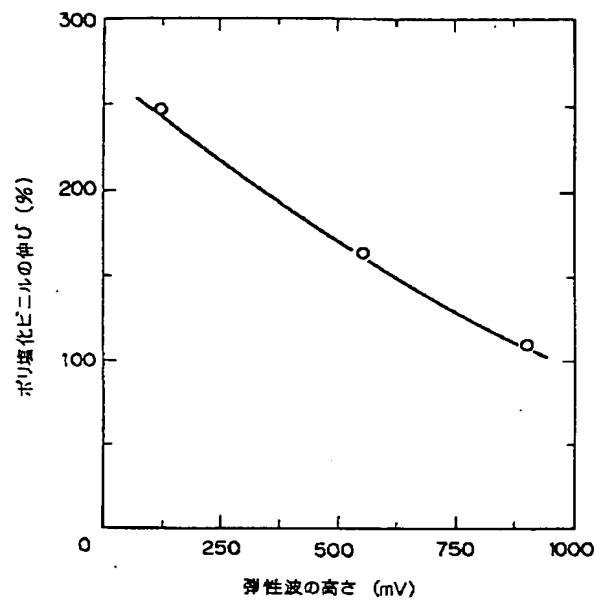


ポリ塩化ビニルの未劣化試料および劣化試料における光弾性波信号波形

【図3】

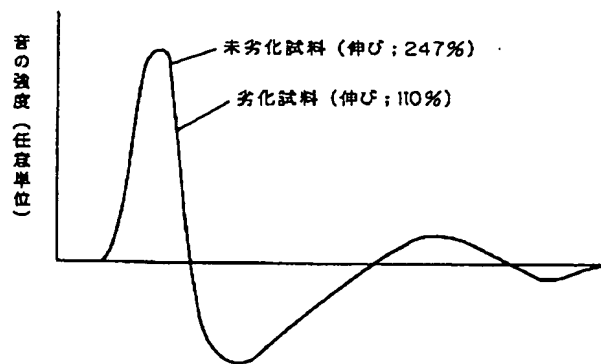


【図5】



弾性波の波高と伸びの関係  
 ・光と音響センサーの距離、3mm

【図6】



光 : 単発光  
 材料 : ポリ塩化ビニル  
 装置 : エス・ティ・ジャパン製、  
 MTECモデル300型  
 光-音響測定装置

光-音響法による音響波形

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**